

BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND

EP 99/06209

EU

**PRIORITY DOCUMENT**  
SUBMITTED OR TRANSMITTED IN  
COMPLIANCE WITH  
RULE 17.1(a) OR (b)



REC'D 20 OCT 1999	
WIPO	PCT

## Bescheinigung

Die Siemens Aktiengesellschaft in München/Deutschland hat eine Patentanmeldung unter der Bezeichnung

"Verfahren und Vorrichtung zur Messung der Übertragungsqualität eines Übertragungskanals"

am 28. August 1998 beim Deutschen Patent- und Markenamt eingereicht.

Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ursprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.

Die Anmeldung hat im Deutschen Patent- und Markenamt vorläufig das Symbol H 04 L 1/20 der Internationalen Patentklassifikation erhalten.

München, den 6. September 1999

Deutsches Patent- und Markenamt

Der Präsident

Im Auftrag

Aktenzeichen: 198 39 307.5

Agurks

00-00-01 M

*This Page Blank (uspto)*

M 10.00.99

1

## Beschreibung

5 Verfahren und Vorrichtung zur Messung der Übertragungs-  
qualität eines Übertragungskanals

10 Die Erfindung betrifft ein Verfahren und eine entsprechende  
Vorrichtung zur Messung der Übertragungsqualität bei einer  
Übertragung digitaler Information über einen Übertragungs-  
kanal.

Der Bedarf an digitalen Übertragungssystemen ist in den  
letzten Jahrzehnten sprunghaft angestiegen. Digitale Übertra-  
gungssysteme werden allgemein in die in Fig. 1 gezeigten  
15 Funktionseinheiten gegliedert. Eine Nachrichtenquelle 1  
erzeugt Information, die von einem Sender über einen Übertra-  
gungskanal 4 zu einem Empfänger übertragen wird. Die Eigen-  
schaften der zu übertragenden Information hängen von der  
Nachrichtenquelle ab. Zu übertragende Nachrichten können zum  
20 Beispiel ein Audiosignal oder ein Videosignal sein. Dabei  
übertragen analoge Übertragungssysteme analoge Signale, die  
von analogen Nachrichtenquellen erzeugt wurden, direkt über  
den Übertragungskanal unter Verwendung herkömmlicher analoger  
Modulationsverfahren. Solche Modulationsverfahren sind z.B.  
25 die Amplitudenmodulation, die Frequenzmodulation oder die  
Phasenmodulation. In digitalen Übertragungssystemen wird die  
zu übertragende Information in eine Folge binärer Ziffern  
umgewandelt. Um die Kapazität des Kanals möglichst gut

30 ausnutzen zu können, sollte die zu übertragende Nachricht mit  
so wenig binären Ziffern wie nötig dargestellt werden. Zu  
diesem Zweck wird ein Quellencodierer verwendet, der die Auf-  
gabe hat, die zu übertragenden Nachrichten in Folgen von  
Signalwerten umzusetzen und zu codieren, so daß sie der Kanal  
35 übertragen kann. Dabei versucht der Quellencodierer die zu

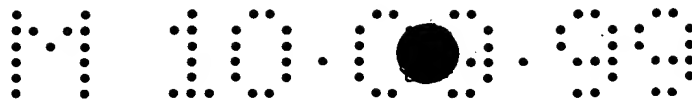


übertragenden Nachrichten möglichst effizient in binäre Ziffern umzuwandeln.

Die Folge der von dem Quellencodierer erzeugten binären  
5 Ziffern wird von dem Kanal zu dem Empfänger übertragen. Ein  
solcher tatsächlicher Kanal kann beispielsweise aus einer  
Leitungsverbindung, einem Koaxialkabel, einem Lichtwellenlei-  
ter (LWL), einer Funkverbindung, einem Satellitenkanal oder  
einer Kombination dieser Übertragungsmedien bestehen. Solche  
10 Kanäle können nicht direkt die Folge binärer Ziffern von dem  
Sender übertragen. Dazu muß die Folge digitaler Information  
in Signalwerte umgesetzt werden, die den Eigenschaften des  
Kanals entsprechen. Eine solche Einrichtung wird digitaler  
Modulator genannt. Ein solcher Modulator ist Teil des  
15 Kanalcodierers 3, der zusätzlich einen diskreten Kanalco-  
dierer umfaßt, um die zu übertragende Information mit einem  
dem Kanal angepaßten Fehlerschutz zu versehen.

Von dem Übertragungskanal 4 wird nicht vorausgesetzt, daß er  
20 fehlerfrei arbeitet, sondern es wird angenommen, daß eine  
Störungsquelle 5 mit einer bestimmten Wahrscheinlichkeit die  
übertragenen Signale während der Übertragung verändert.

Solche Störungen können beispielsweise ein Übersprechen von  
25 Signalen sein, die auf benachbarten Kanälen übertragen  
werden. Die Störungen können ebenso durch thermisches Rau-  
schen hervorgerufen werden, das in den elektronischen Schal-  
tungen, wie z.B. Verstärkern und Filtern, erzeugt wird, die  
in dem Sender und dem Empfänger verwendet werden. Bei  
30 Leitungsverbindungen können Störungen zusätzlich durch  
Umschaltungen verursacht werden und bei Funk- oder Satelli-  
tenverbindungen durch Wettereinflüsse, wie beispielsweise  
Gewitter, Hagel oder Schnee. Solche Einflüsse verändern das  
übertragene Signal und verursachen Fehler in der empfangenen  
35 digitalen Signalfolge.



Um trotzdem eine relativ zuverlässige Übertragung zu gewährleisten, erhöht der Kanalcodierer die Redundanz der zu übertragenden (binären) Sequenz. Mit Hilfe dieser vom Sender hinzugefügten Redundanz wird der Empfänger bei der Dekodierung der informationstragenden Signalfolge unterstützt. Zu diesem Zweck wird beispielsweise vom Kanalcodierer eine bestimmte Anzahl von Signalen zu Blöcken zusammengefaßt und eine Anzahl von Kontrollsignalen (im einfachsten Fall ein Paritätsbit) hinzugefügt. Auf diese Weise werden immer gleichzeitig  $k$ -Informationsbit codiert, wobei jede  $k$ -Bit-Sequenz einer eindeutigen  $n$ -Bit-Sequenz, dem sogenannten Codewort, zugeordnet wird. Die auf diese Weise hinzugefügte Redundanz läßt sich durch das Verhältnis  $n/k$  angeben. Dies entspricht ebenso der Kanalbandbreite, die entsprechend erhöht werden muß, um die um die hinzugefügte Redundanz erweiterte Informationssequenz zu übertragen.

Alternativ kann eine erhöhte Zuverlässigkeit gegenüber Kanalarstörungen, z.B. auch durch eine Erhöhung der Sendeleistung erreicht werden. Da die Erhöhung der Sendeleistung jedoch relativ teuer ist, wird in der Regel, bei verfügbarer Bandbreite, die Zuverlässigkeit durch die Erhöhung der erforderlichen Kanalbandbreite erzielt.

Bei der Übertragung von immer einem Bit mit der Datenrate  $R$  bit/s ordnet der Modulator der binären Ziffer 0 einen Signalverlauf bzw. einen Signalwert (im folgenden nur als Signalwert bezeichnet)  $s_1(t)$  zu und der binären Ziffer 1 einen Signalwert  $s_2(t)$ . Diese Übertragung jedes einzelnen Bits durch den Kanalcodierer wird binäre Modulation genannt. Alternativ kann der Modulator  $k$  Informationsbit gleichzeitig unter Verwendung von  $M = 2^k$  unterschiedlichen Signalwerten  $s_i(t)$  mit  $i = 1, 2, \dots, M$  übertragen, wobei jeder der  $2^k$  möglichen  $k$ -Bit-Sequenzen einem Signalwert zugeordnet wird.



Auf der Empfängerseite eines digitalen Übertragungssystems verarbeitet der digitale Demodulator den im Kanal (ev. verändert) übertragenen Signalwert und ordnet jedem Signalwert eine einzelne Zahl zu, die eine Schätzung des übertragenen Datensymbols (z.B. binär) darstellt.

Nach Empfang eines Signals im Empfänger muß der Demodulator entscheiden, welcher der  $M$  möglichen Signalwerte gesendet wurde. Diese Entscheidung wird in einem Entscheider (Slicer) durchgeführt, wobei die Entscheidung mit minimaler Fehlerwahrscheinlichkeit getroffen werden sollte. Dieser Entscheider ordnet einen (meist aufbereiteten) Empfangswert einem der  $M$  möglichen Symbolwerte zu.

Wenn beispielsweise eine binäre Modulation verwendet wird, muß der Demodulator bei der Verarbeitung jedes empfangenen Signals entscheiden, ob es sich bei dem übertragenen Bit um eine Null oder eine Eins handelt. In diesem Fall führt der Demodulator eine binäre Entscheidung aus. Alternativ kann der Demodulator auch eine ternäre Entscheidung ausführen, wobei sich der Demodulator für "Null", "Eins" oder "keine Entscheidung" in Abhängigkeit von der Qualität des empfangenen Signals entscheidet.

Der Entscheidungsprozeß eines Demodulators kann als Quantisierung angesehen werden, bei der binäre und ternäre Entscheidungen Spezialfälle einer Demodulation sind, die  $Q$ -Pegel quantisiert, wobei  $Q \geq 2$  ist. Im allgemeinen verwenden digitale Kommunikationssysteme eine höhenwertige Modulation, wobei  $m = 0, 1 \dots M-1$  die  $M$ -möglichen übertragenen Symbole darstellt.

Wenn die übertragene Information keine Redundanz enthält, muß der Demodulator in jedem vorgegebenen Zeitintervall entschei-

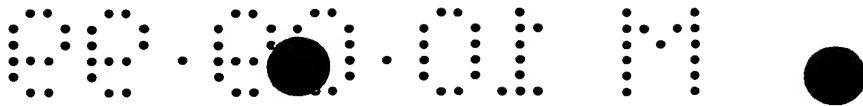
M 10.00.00

5

den, welcher der M-Signalwerte übertragen wurde. Enthält die übertragene Information dagegen Redundanz, so rekonstruiert der Demodulator die ursprüngliche Informationssequenz aufgrund des vom Kanalcodierer verwendeten Codes und der Redundanz der empfangenen Daten. Je nach den von den Anwendungen bestimmten Anforderungen erzeugt der Kanalcodierer Signalblöcke, die es dem Kanaldecodierer ermöglichen, entweder nur festzustellen, ob bestimmte Störungen aufgetreten sind (fehlererkennende Codierung) oder sogar durch Störungen verursachte Fehler (bis zu einer bestimmten Maximalzahl pro Signalblock) automatisch zu korrigieren (fehlerkorrigierende Codierung).

Ein Maß für die Zuverlässigkeit, mit der vom Sender zum Empfänger Nachrichten übertragen werden, stellt die Fehlerrate dar. Die Fehlerrate gibt an, mit welcher durchschnittlichen Wahrscheinlichkeit ein Bitfehler am Ausgang des Decoders auftritt. Die Bitfehlerrate (Bit Error Rate) gibt die Anzahl der am Empfänger auftretenden Fehlerbits geteilt durch die Gesamtzahl der empfangenen Bits pro Zeiteinheit an. Die Bitfehlerrate (oder Symbolfehlerrate wenn die Fehlerhäufigkeit von Symbolen beurteilt wird) ist das wichtigste Qualitätskriterium eines digitalen Übertragungssystems. Im allgemeinen hängt die Fehlerwahrscheinlichkeit von den Codeeigenschaften, der Art der zur Übertragung der Information über den Kanal verwendeten Signalwerte, der Sendeleistung, den Eigenschaften des Kanals, d.h., der Stärke des Rauschens, der Art der Störungen, usw., und dem Demodulations- und Decodierungsverfahren ab. Die Bedeutung der Bitfehlerrate für digitale Übertragungssysteme entspricht der des Signal-Rausch-Verhältnisses (SNR) analoger Übertragungssysteme.

Herkömmlich wird zur Ermittlung der Fehlerrate in periodischen Zeitabständen eine bekannte Bit- bzw. Symbolsequenz



6

zusätzlich zu der übertragenen Information übertragen, die auch dem Empfänger bekannt ist. Ein solches Signal besteht im allgemeinen aus einer Pseudozufallsfolge geeigneter Länge. Im Empfänger kann die Fehlerrate dadurch ermittelt werden, daß ein Vergleich des gesendeten Signals mit dem empfangenen Signal durchgeführt wird (Soll-Ist-Vergleich).

Aufgabe der Erfindung ist es, ein verbessertes Verfahren und eine verbesserte Vorrichtung zur Messung der Übertragungsqualität eines digitalen Übertragungskanals zu schaffen.

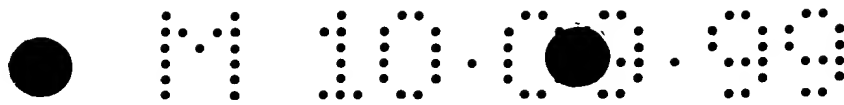
Diese Aufgabe wird für ein Verfahren mit der technischen Lehre des Anspruchs 1 und für eine Vorrichtung mit der technischen Lehre des Anspruchs 7 gelöst.

Vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung sind in den Unteransprüchen angegeben.

Erfindungsgemäß wird im Demodulator auf der Empfängerseite jedem detektierten Symbol wieder ein Signalwert zugeordnet, den der Eingang des Entscheiders im Demodulator empfangen hätte, wenn der dem detektierten Symbol entsprechende Signalverlauf bzw. Signalwert unverfälscht übertragen worden wäre. Auf diese Weise wird ein den detektierten Symbolwerten entsprechendes hypothetisches Eingangssignal gebildet, das keine Signalwerte mit Kanalverzerungen enthält. Dieses Referenzsignal entspricht - solange der Entscheider keine falschen Symbole detektiert - somit dem ursprünglichen Signal auf der Sendeseite. Durch Subtraktion dieses Referenzsignals vom tatsächlich empfangenen Signal läßt sich das Störsignal gewinnen. Mit Hilfe dieser beiden Signalanteile läßt sich die Qualität des Übertragungskanals bestimmen.

Die mittlere Leistung dieses so gebildeten Referenzsignals entspricht der mittleren Leistung des empfangenen, ungestörten Signalanteils. Die mittlere Leistung des empfangenen





Signals entspricht der Kombination von gestörtem und ungestörtem Signalanteil. Aus diesem wird mit Hilfe des zuvor berechneten ungestörten Signalanteils, dem Referenzsignal, die Störleistung berechnet. Aus dem Verhältnis der mittleren Leistung des ungestörten Signalanteils zu der mittleren Leistung des Störanteils ergibt sich der Signal-Stör-Abstand (SNR) als ein Maß für die Übertragungsqualität des Übertragungskanals.

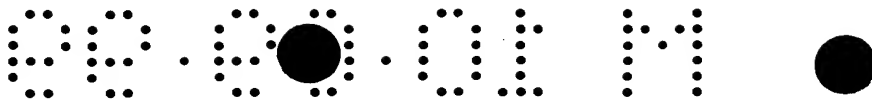
10 Mit dieser Erfindung wird insbesondere vermieden, daß dem Empfänger eine bestimmte Sendefolge bekannt sein muß, wie es bei herkömmlichen Verfahren notwendig ist. Zudem erfolgt die Ermittlung der Fehlerrate parallel zur Auswertung der übertragenen Symbole, also "online". Für die fortlaufende Messung der Übertragungsqualität ist daher eine periodische Einstreuung einer Meßsequenz in den zu übertragenden Datenstrom nicht mehr erforderlich. Auf diese Weise kann eine Reduktion der Nettodatenrate des Übertragungskanals vermieden werden.

20

Zur Gewährleistung einer großen statistischen Sicherheit muß das herkömmliche Verfahren, das eine dem Sender und Empfänger bekannte Testsequenz verwendet, eine große Anzahl von Fehlern erfassen, in der Regel einige Hundert. Für die im allgemeinen geforderten, sehr niedrigen Bitfehlerraten von beispielsweise  $10^{-9}$  benötigen die herkömmlichen Verfahren sehr lange Meßzeiten, um eine entsprechende Anzahl von Fehlern zu detektieren. Dem erfindungsgemäßen Verfahren liegt dagegen die Auswertung des gemessenen Signal-Stör-Abstandes während

30 der laufenden Übertragung zugrunde. Da für die Auswertung der mittleren Leistungen jedoch wesentlich kürzere Meßzeiten erforderlich sind als für die vergleichbare Auswertung des Symbol- bzw. Bitstromes der Testsequenzen läßt sich mit dem erfindungsgemäßen Verfahren sehr viel schneller die Übertragungsqualität bestimmen.

35



Die Erfindung ermöglicht damit eine Überwachung der tatsächlichen Fehlerrate in deutlich kürzeren Zeitabständen, da herkömmlich nicht die tatsächlich übertragene Information zur Bestimmung der Fehlerrate verwendet werden kann und somit das Auftreten von Übertragungsfehlern in den nur selten eingestreuten Testsequenzen abgewartet werden muß.

In einer weiteren Ausgestaltung der Erfindung kann die ermittelte Übergangsqualität, der Signal-Stör-Abstand (SNR), in Abhängigkeit von dem jeweils verwendeten Codierverfahren in eine Symbol- bzw. Bitfehlerrate umgesetzt werden.

Bevorzugte Ausführungsbeispiele der Erfindung werden nachstehend anhand der Zeichnung erläutert. Es zeigen:

Fig. 1 den allgemeinen Aufbau eines Nachrichtenübertragungssystems,

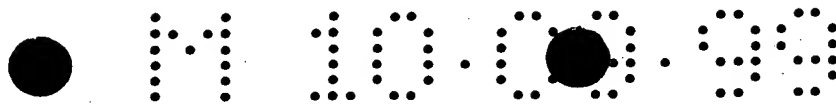
Fig. 2 den Aufbau eines erfindungsgemäßen Empfängers,

Fig. 3 den Aufbau eines erfindungsgemäßen Demodulators des in Fig. 2 gezeigten Empfängers,

Fig. 4 den Aufbau von Einrichtungen zur Bestimmung der Übertragungsqualität des Übertragungskanals in dem in Fig. 2 gezeigten Empfänger,

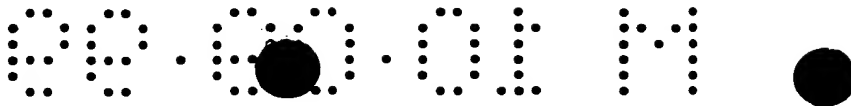
Fig. 5 eine Einrichtung zur Zuordnung einer ermittelten Übertragungsqualität zu einer Fehlerrate in einem in Fig. 2 gezeigten Empfänger und

Fig. 6 ein Kennliniendiagramm für die Zuordnung eines Signal-Stör-Abstandes zu der Wahrscheinlichkeit für einen



Symbolfehler in Abhängigkeit von dem verwendeten Modulationsverfahren.

- Bei der digitalen Informationsübertragung werden Informationen zwischen einer Nachrichtenquelle (Sender) und einem Empfänger über ein Übertragungsmedium übertragen. Eine solche Vorrichtung, die sich zwischen dem Sender und dem Empfänger befindet, wird im allgemeinen als Kanal bezeichnet.
- 10 Für die Übertragung werden die zu übertragenden Daten in Codeworte umgewandelt, die den Übertragungseigenschaften des Nachrichtenkanals angepaßt sind, um die zu übertragenden Daten u.a. gegen Übertragungsfehler zu sichern.
- 15 Bei der Übertragung wird im Sender mittels einer umkehrbar eindeutigen funktionalen Zuordnung einer Bitsequenz ein Zeichen, das im allgemeinen als Symbol im Signalraum oder Kanalsymbol bezeichnet wird, zugeordnet. Dieses Symbol wird anschließend auf einen diesem Symbol zugeordneten Signalver-
- 20 lauf (im folgenden als Signalwert bezeichnet) abgebildet. Die funktionale Zuordnung eines Symbols zu einer Bitsequenz im Sender wird Codierung oder auch Mapping genannt, die Abbildung eines solchen Symbols oder mehrerer solcher Symbole auf einen Signalwert wird Modulation genannt.
- Die Umkehrung dieser Abbildungsreihenfolge findet im Empfänger statt. Während die Demodulation, d.h. die Zuordnung eines Empfangssignals zu einem Symbol aufgrund von Verzerrungen oder überlagerten Störungen des Kanals in der Regel nicht
- 30 fehlerfrei durchgeführt werden kann, bereitet die Decodierung, d.h., die Überführung eines detektierten Symbols in die entsprechende Bitsequenz keine Probleme. In Fig. 2 ist ein empfindungsgemäßer Empfänger dargestellt, der einen Demodulator 10, eine Signal-Stör-Abstands-Bestimmungseinrichtung
- 35 11 und eine Fehlerratenbestimmungseinrichtung 12 umfaßt. Der



10

Demodulator verarbeitet das empfangene Signal 13, um an seinem Ausgang eine entsprechende Bitsequenz 16 auszugeben. Ein solcher Demodulator 10 enthält einen Entscheider 18, der im Anschluß an die analoge und die optionalen ersten Stufen  
 5 der digitalen Signalverarbeitung (hier zugesammengefaßt zum Block Signal-Aufbereitung 17) dem aufbereiteten Empfangswert 14 ein oder mehrere Symbole 9 bzw. den entsprechenden Signalwert 15 zuordnet. Die in Fig. 2 dargestellte Signal-Stör-Abstands-Bestimmungseinrichtung 11 enthält zwei verschiedene  
 10 Bestimmungseinrichtungen 20, 21, um einen Signal-Stör-Abstand 22 zu ermitteln. Dem ermittelten Signal-Stör-Abstand 22 wird in der Fehlerraten-Bestimmungseinrichtung 12 in Abhängigkeit von dem jeweiligen Codierverfahren eine Fehlerrate 23 zugeordnet.

15

Fig. 3 zeigt den Aufbau eines erfindungsgemäßen Demodulators in dem Empfänger eines digitalen Übertragungssystems. Das von dem Übertragungskanal 4 empfangene Signal 13 wird einer Signal-Aufbereitungs-Einrichtung 17 zugeführt, die beispielsweise die für die digitale Signal-Verarbeitung notwendige  
 20 Analog-Digital-Umsetzung und/oder eine Entzerrung der übertragenen Signale beinhaltet. Die aufbereiteten Signalwerte 14 werden anschließend dem Entscheider 18 zugeführt, der aufgrund dieses Signalwertes entscheidet, welches oder welche  
 25 Symbole am wahrscheinlichsten gesendet wurde. Das ausgewählte Symbol oder die ausgewählten Symbole 9 leitet der Entscheider an den Decodierer 19 weiter, der die Symbole 9 in die Bitsequenz 16 umsetzt.

30 Die Repräsentation der Symbolwerte am Ausgang 15 des in Fig. 2 bzw. Fig. 3 gezeigten Entscheiders 18 ist identisch mit den korrespondierenden, d.h. durch die Modulation im Sender vorgegebenen, Signalwerten des detektierten Symbols. Diese Signalwertfolge 15, die auf den detektierten Symbolen 9  
 35 basiert, wird gleichzeitig mit dem detektierten Signalwert 14

M 10.00.00

11

an eine Signal-Stör-Abstands-Bestimmungseinrichtung 11 und/oder die vorgeschaltete Signal-Aufbereitungs-Einheit 17 weitergeleitet.

5 Eine solche Signal-Stör-Abstands-Bestimmungseinrichtung 11 ist in Fig. 4 dargestellt. Die dargestellte Bestimmungseinrichtung enthält zwei Varianten (Version 1, Version 2) zur Berechnung des Signal-Stör-Abstandes 22. In einem erfindungs-  
gemäßen Empfänger ist es ausreichend, den Signal-Stör-Abstand  
10 22 nur auf eine Weise zu bestimmen.

Während die detektierten Signalwerte 14 einen Signalanteil und einen Störanteil enthalten, enthalten die Signalwerte 15, die basierend auf den detektierten Symbolen 9 bestimmt wurden, nur den Signalanteil. In der Signal-Stör-Abstands-  
15 Bestimmungseinrichtung 11 wird in beiden Alternativen (Version 1, Version 2) in einer Divisionseinrichtung 28 der Signalanteil S durch den Störanteil N (Noise) geteilt. Zu diesem Zweck müssen die mittlere Signalleistung S und die  
20 mittlere Störleistung N jeweils unabhängig voneinander vorliegen. Die mittlere Signalleistung S wird in der Einrichtung 24 zur Ermittlung der mittleren Leistung sowohl gemäß Version 1 als auch gemäß Version 2 aus den Signalwerten 15 bestimmt.

25 Zur Bestimmung der Störleistung N muß der Signalanteil von dem kombinierten Signal- und Störanteil der Signalwerte 14 abgezogen werden. Dazu werden in der ersten Ausführungsform (Version 1) die Signalwerte des Referenzsignals 15 von den detektierten Signalwerten 14 abgezogen, um die Störsignal-  
30 werte zu erhalten. Die Störsignalwerte werden in der Einrichtung 25 zur Ermittlung der mittleren Leistung in die mittlere Leistung N, 27 des Störsignals umgewandelt.

In der zweiten alternativen Ausführungsform, Version 2, wird  
35 zunächst in der Einrichtung 29 die mittlere Leistung  $S + N$



12

der empfangenen Signalwerte 14 berechnet. Anschließend wird in der Subtraktionseinrichtung 30 die mittlere Leistung des in der Einrichtung 24 berechneten Signalanteils abgezogen. Die mittleren Leistungen S und N bzw. 27 werden der Divisi-

5 onseinrichtung 28 zugeleitet, die das Verhältnis der mittleren Leistungen von Signalanteil S und Rauschanteil N, das sogenannte Signal-Stör-Verhältnis (SNR) 22, bildet.

Dieses Signal-Rausch-Verhältnis (SNR; Signal-to-Noise-Ratio) gibt die Qualität der Übertragung von digitaler Information über den Übertragungskanal an. Da man bei digitalen Übertra-

10 gungsskanälen in der Regel nicht wie bei analogen Übertragungssystemen vom Signal-Stör-Abstand bzw. vom Signal-Rausch-Verhältnis SNR spricht, sondern zur Beurteilung der Qualität eines Übertragungssystems allgemein die Bitfehlerrate oder

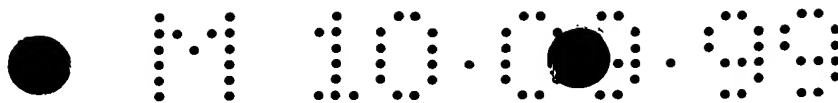
15 Symbolfehlerrate heranzieht, ist erfindungsgemäß eine Einrichtung 12 vorgesehen, die das ermittelte Signal-Rausch-Verhältnis 22 in die allgemein übliche Symbolfehlerrate (oder auch Bitfehlerrate) 23 umsetzt. Dazu wird der ermittelte SNR-Wert 22 mittels einer

20 bekannten Abbildungsregel 24 in Fig. 5 in die gewünschte Symbolfehlerrate 23 umgewandelt.

Die jeweils zu verwendende Abbildungsregel ist vom eingesetzten Codierverfahren und Modulationsverfahren abhängig. In

25 Fig. 6 sind einige bekannte Kennlinien zur Umsetzung des Signalrauschverhältnisses SNR in die Wahrscheinlichkeit für einen Symbolfehler  $P_M$  dargestellt. Jede Kennlinie entspricht dabei einem anderen Codierverfahren. Dabei bedeutet M die Anzahl der verschiedenen möglichen Signalwerte, QAM und PSK stehen für unterschiedliche Codierverfahren: PSK bedeutet "Phase Shift Keying" (Phasenumtastung) und QAM steht für Qua-

30 draturamplitudenmodulation.



13

## Patentansprüche

1. Verfahren zur Messung der Übertragungsqualität eines Übertragungskanals (4), über den eine Information (13) übertragen wird,

wobei der Sender folgende Schritte ausführt:

10 Darstellen der Information (13) in Form von Symbolen (16),

Abbilden der Symbole (16) auf Signalwerte (18) und

Übertragen der Signalwerte (18) über den Übertragungskanal, (11),

wobei der Empfänger folgende Schritte ausführt:

Empfangen der übertragenen Signalwerte (21),

20

Abbilden der empfangenen Signalwerte (21) auf detektierte Symbole (23) und

Umwandeln der detektierten Symbole (23) in eine detektierte Information (25),

25

und wobei das Meßverfahren folgende Schritte umfaßt:

Bilden eines Referenzsignals (15) durch Abbilden aufeinanderfolgender, detektierter Symbole (9) auf Signalwerte und

30

Berechnen der Übertragungsqualität (22,23) des Übertragungskanals (4) basierend auf dem Referenzsignal (15) und den empfangenen Signalwerten (14).

35



14

2. Verfahren nach Anspruch 1,  
dadurch gekennzeichnet,  
daß der Schritt zum Berechnen der Übertragungsqualität (22)  
folgende Schritte ausführt:

5

Ermitteln eines Störsignalanteils (27) von den empfangenen  
Signalwerten (14) unter Verwendung des Referenzsignals (15),  
und

10 Berechnen der Übertragungsqualität (22) des Übertragungskana-  
ls (4) basierend auf dem Referenzsignal (15) und dem Stör-  
signalanteil (27).

3. Verfahren nach Anspruch 2,

15 dadurch gekennzeichnet,  
daß zum Berechnen der Übertragungsqualität

die mittlere Leistung (S;N) des Referenzsignals (15) und des  
Störsignalanteils ermittelt wird und

20

der Signal-Stör-Abstand (22) als Maß für die Übertragungsqua-  
lität basierend auf der mittleren Leistung (S) des Referenz-  
signals (15) und der mittleren Leistung (N) des Störsignalan-  
teils berechnet wird.

25

4. Verfahren nach Anspruch 2 oder Anspruch 3,

dadurch gekennzeichnet,

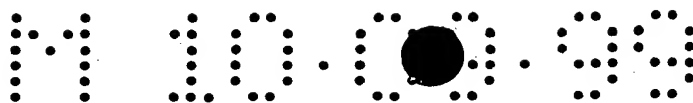
daß die mittlere Leistung (N) des Störsignalanteils durch

30 Ermitteln der mittleren Leistung der Differenz von den  
empfangenen Signalwerten (14) und dem Referenzsignal (15)  
berechnet wird.

5. Verfahren nach Anspruch 2 oder Anspruch 3,

35 dadurch gekennzeichnet,





15

daß die mittlere Leistung (N) des Störsignalanteils durch Bilden der Differenz von der mittleren Leistung (S+N) der empfangenen Signalwerte (14) und der mittleren Leistung (S) des Referenzsignals (15) ermittelt wird.

5

6. Verfahren nach einem der Ansprüche 3 bis 5 ,  
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,  
daß zur Angabe eines Meßwertes für die Übertragungsqualität dem berechneten Signal-Stör-Abstand (22) eine Symbolfehler-  
rate (23) oder Bitfehlerrate zugeordnet wird.

10

7. Vorrichtung zur Messung der Übertragungsqualität eines Übertragungskanals (4) für die Übertragung digitaler Information

15

wobei ein Sender (10) enthält:

eine Codiereinrichtung (15) zur Darstellung der digitalen Information (13) in Form von Symbolen (16) und

20

einen Modulator (17) zur Abbildung der Symbole (16) auf Signalwerte (18) zur Übertragung über den Übertragungskanal (11),

25

und wobei ein Empfänger (12) enthält:

einen Demodulator (20) zur Abbildung empfangener Signalwerte (21) auf detektierte Symbole (23) und

30 eine Decodiereinrichtung (24) zur Darstellung der detektierten Symbole (23) als detektierte digitale Information (25),

und wobei die Vorrichtung zur Messung enthält:

35 einen Modulator zur Erzeugung eines Referenzsignals (15),



16

indem aufeinanderfolgend detektierten Symbolen (9) Signalwerte zugeordnet werden und

eine Übertragungsqualität-Bestimmungseinrichtung (11) zur  
5 Bestimmung der Übertragungsqualität (22,23) des Übertragungs-  
kanals (4) basierend auf dem Referenzsignal (15) und den  
empfangenen Signalwerten (14).

8. Vorrichtung nach Anspruch 7,  
10 d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,  
daß die Vorrichtung außerdem umfaßt:

eine Einrichtung (24) zur Ermittlung der mittleren Leistung  
(S) des Referenzsignals (15),  
15

eine Einrichtung (29) zur Ermittlung der mittleren Leistung  
(S+N) der empfangenen Signalwerte (14),

einen Subtrahierer (30) zur Subtraktion der mittleren Lei-  
20 stung (S) des Referenzsignals (15) von der mittleren Leistung  
(S+N) der empfangenen Signalwerte (14) und zur Erzeugung der  
mittleren Leistung (N) eines Störsignalanteils und

einen Dividierer (28) zur Berechnung des Signal-Stör-Abstand  
25 (22) als Maß für die Übertragungsqualität durch Division der  
mittleren Leistung (S) des Referenzsignal (15) durch die  
mittlere Leistung (N) des Störsignalanteils.

9. Verfahren nach Anspruch 7,  
30 d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,  
daß die Vorrichtung außerdem umfaßt:

eine Einrichtung (24) zur Ermittlung der mittleren Leistung  
(S) des Referenzsignals (15),  
35

H 10.00.99

17

einen Subtrahierer (26) zur Subtraktion des Referenzsignals (15) von den empfangenen Signalwerten (14) und zur Erzeugung eines Störsignalanteils,

- 5 eine Einrichtung (25) zur Ermittlung der mittleren Leistung (N) des Störsignalanteils und

10 einen Dividierer (28) zur Berechnung des Signal-Stör-Abstands (22) als Maß für die Übertragungsqualität durch Division der mittleren Leistung (S) des Referenzsignals (15) durch die mittlere Leistung (N) des Störsignalanteils.

10. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 7 bis 9,  
dadurch gekennzeichnet ,

- 15 daß die Vorrichtung außerdem eine Fehlerraten-Bestimmungseinrichtung (12) umfaßt, die einem berechneten Signal-Stör-Abstand (22) eine Symbolfehlerrate (23) oder Bitfehlerrate zuordnet.



## Zusammenfassung

Verfahren und Vorrichtung zur Messung der Übertragungsqualität eines Übertragungskanals

5

Die Übertragungsqualität, insbesondere die Symbol- bzw. Bitfehlerrate, die von einem digitalen Übertragungskanal zur Verfügung gestellt wird, kann mit herkömmlichen Verfahren dadurch ermittelt werden, daß eine bekannte Bit- bzw. Symbolsequenz übertragen wird, die auch dem Empfänger bekannt ist. Im Empfänger kann dann durch einen Soll-Ist-Vergleich die Fehlerrate ermittelt werden. Erfindungsgemäß wird ein "Online"-Meßwert der Übertragungsqualität ermittelt, indem der Signal-Stör-Abstand der mittleren Leistungen eines ungestörten und eines gestörten Signalanteils gebildet wird. Aus dem Signal-Stör-Abstand läßt sich die Symbol- bzw. Bitfehlerrate berechnen. Die Qualitätsmessung basiert darauf, daß im Empfänger den detektierten Symbolen erneut Signalwerte aus der Menge der auch im Empfänger gültigen Signalwerte zugewiesen werden und anschließend diese Signalwerte mit den tatsächlich übertragenen Signalwerten verglichen werden.

FIG. 2

25

30

Fig. 1

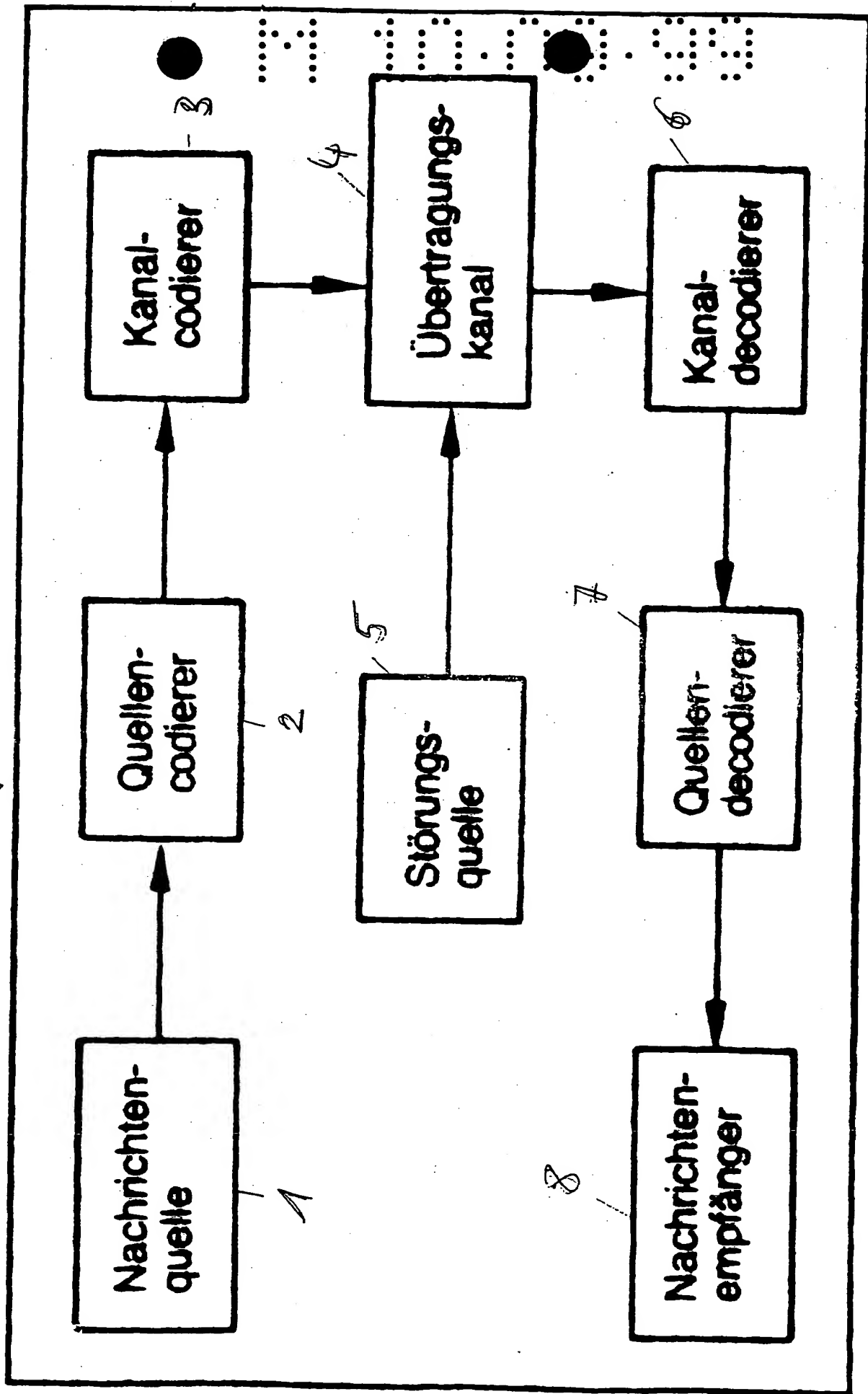




Fig. 3

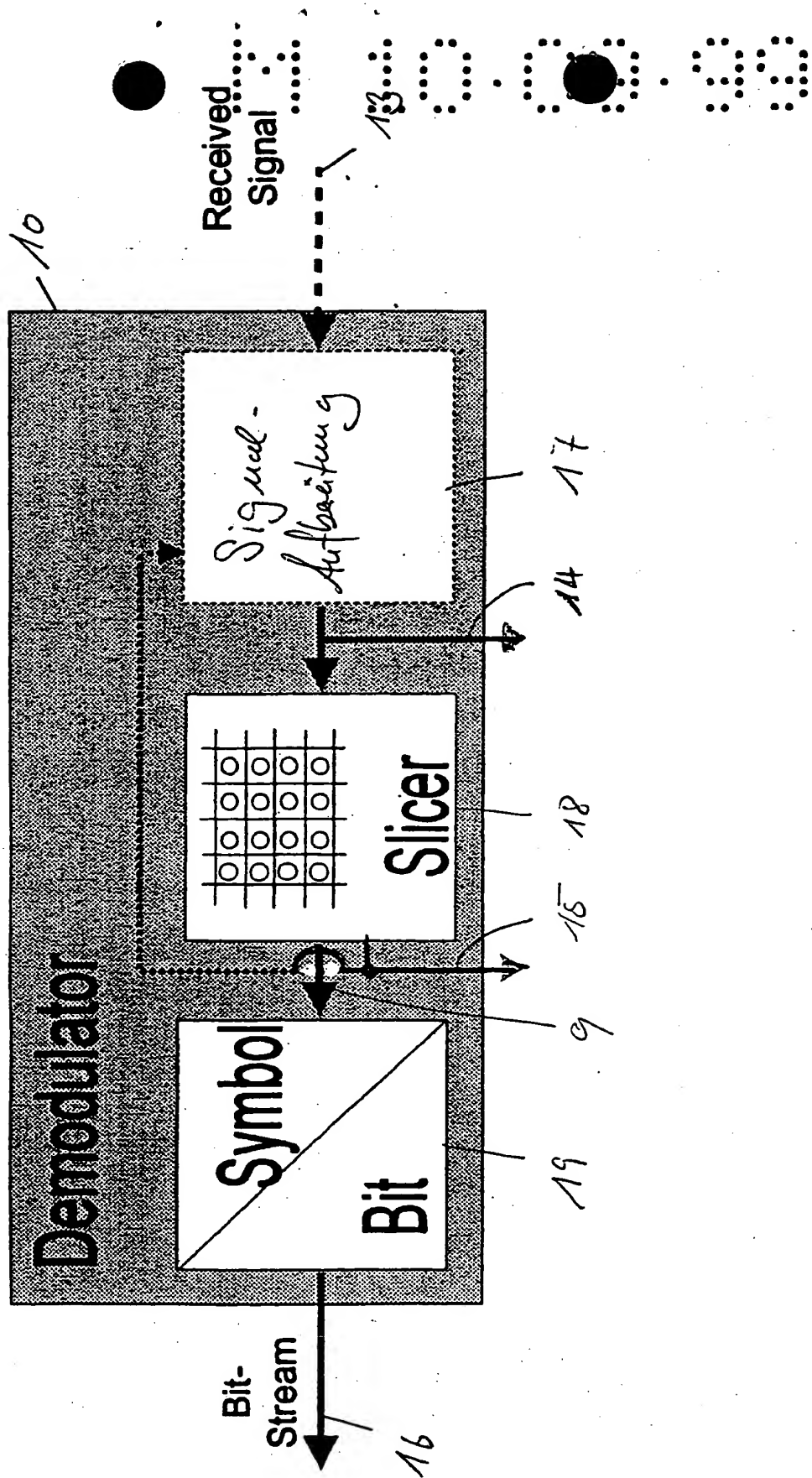


Fig. 4

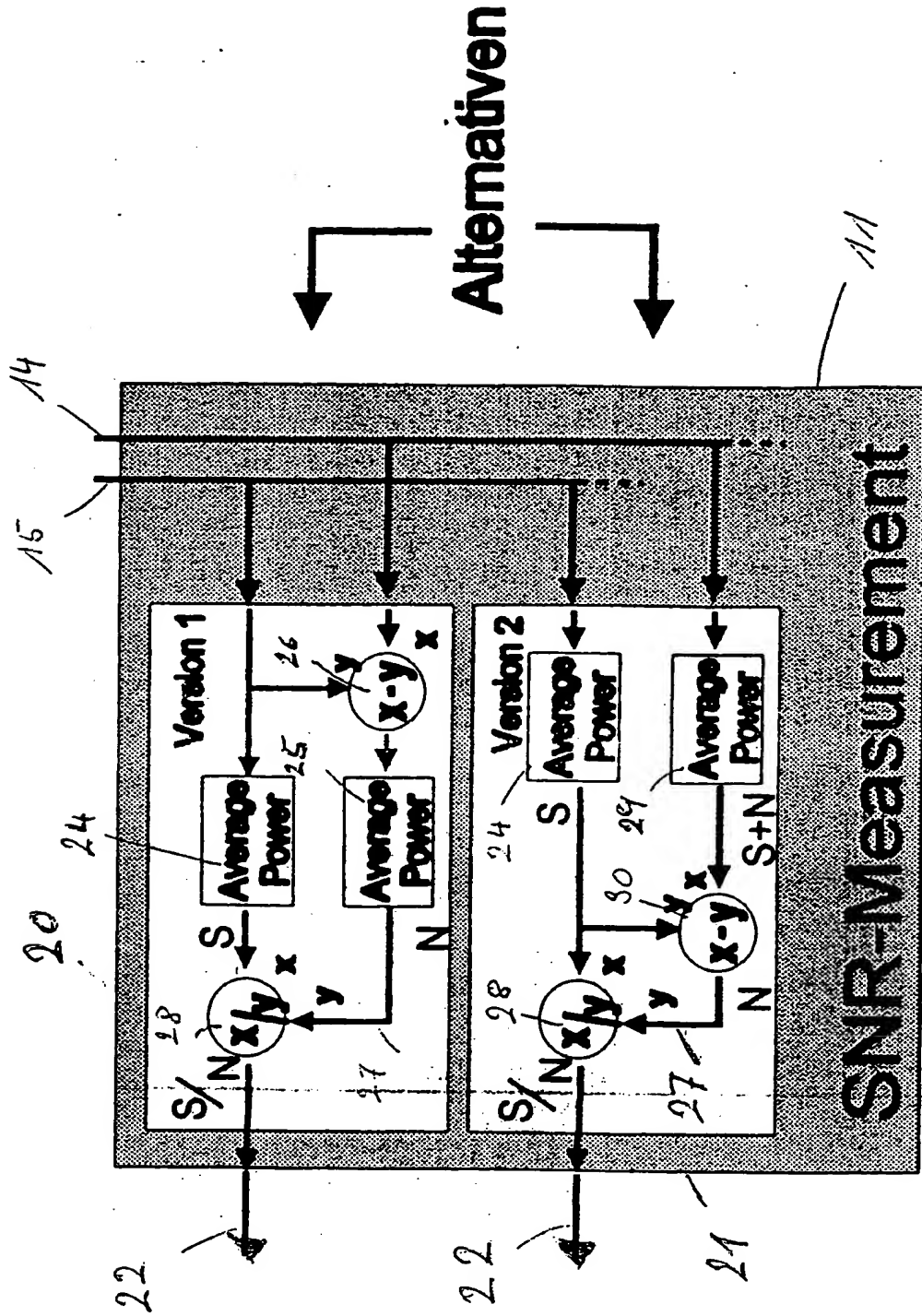
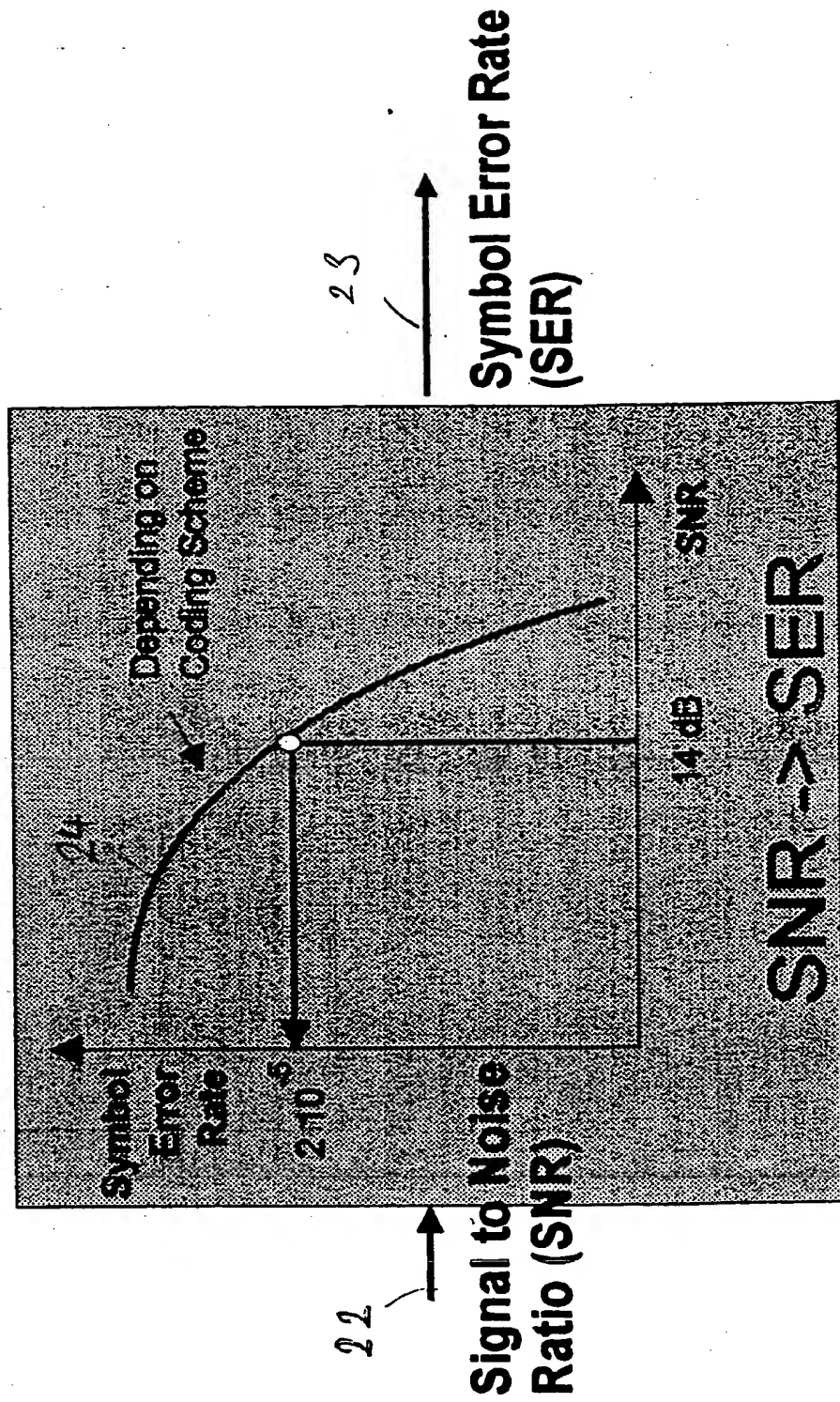




Fig. 5



00.01.61 M

